



Portali radiometrici

“La norma UNI 10897 edizione 2016
“Carichi di rottami metallici
Rilevazione di radionuclidi con misure X e
gamma”

Prof. Marco Caresana

Dipartimento di Energia – CESNEF

Politecnico di Milano



6.1 Principio del metodo

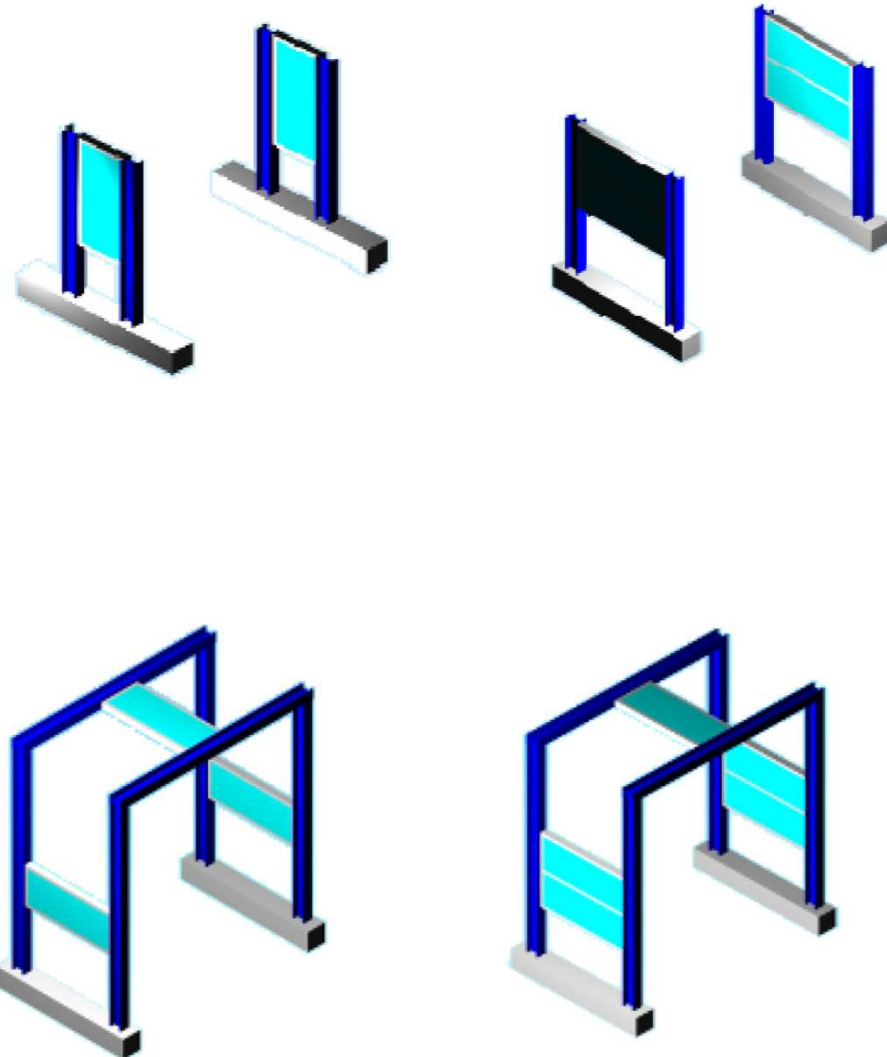
I sistemi comunemente detti "portali" che realizzano questo tipo di rilevazione automatica si basano sull'utilizzo di rivelatori ad alta efficienza collegati ad un'opportuna unità elettronica di controllo con un programma di analisi che gestisce le misure, gli allarmi e la registrazione dei risultati della prova.

La rilevazione si può effettuare sia in modo "dinamico" (eseguita mentre il veicolo attraversa il portale) sia in modo "statico" (eseguita con veicolo fermo).



Disposizione dei portali

*Solitamente i pannelli si compongono in moduli da 25 litri di scintillatore **organico (plastico)**. Gli scintillatori organici **non** possono misurare l'energia della radiazione, ma forniscono solo conteggi. Scintillatori inorganici invece possono fare **spettrometria**, ovvero misurare **l'energia della radiazione**.*

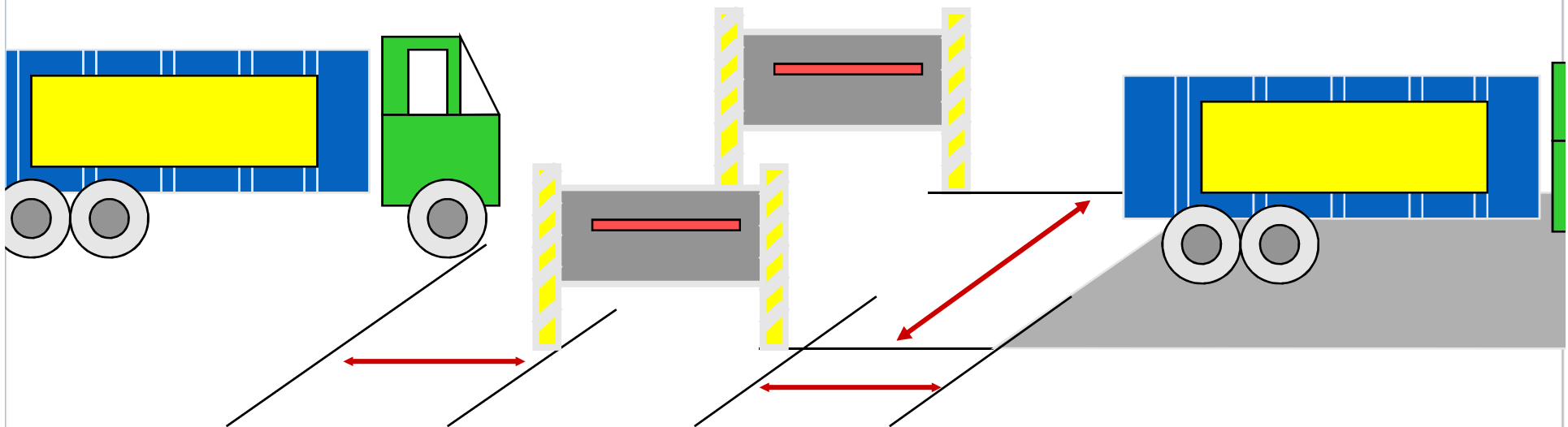




Misura dinamica

Usata principalmente con scintillatori plastici

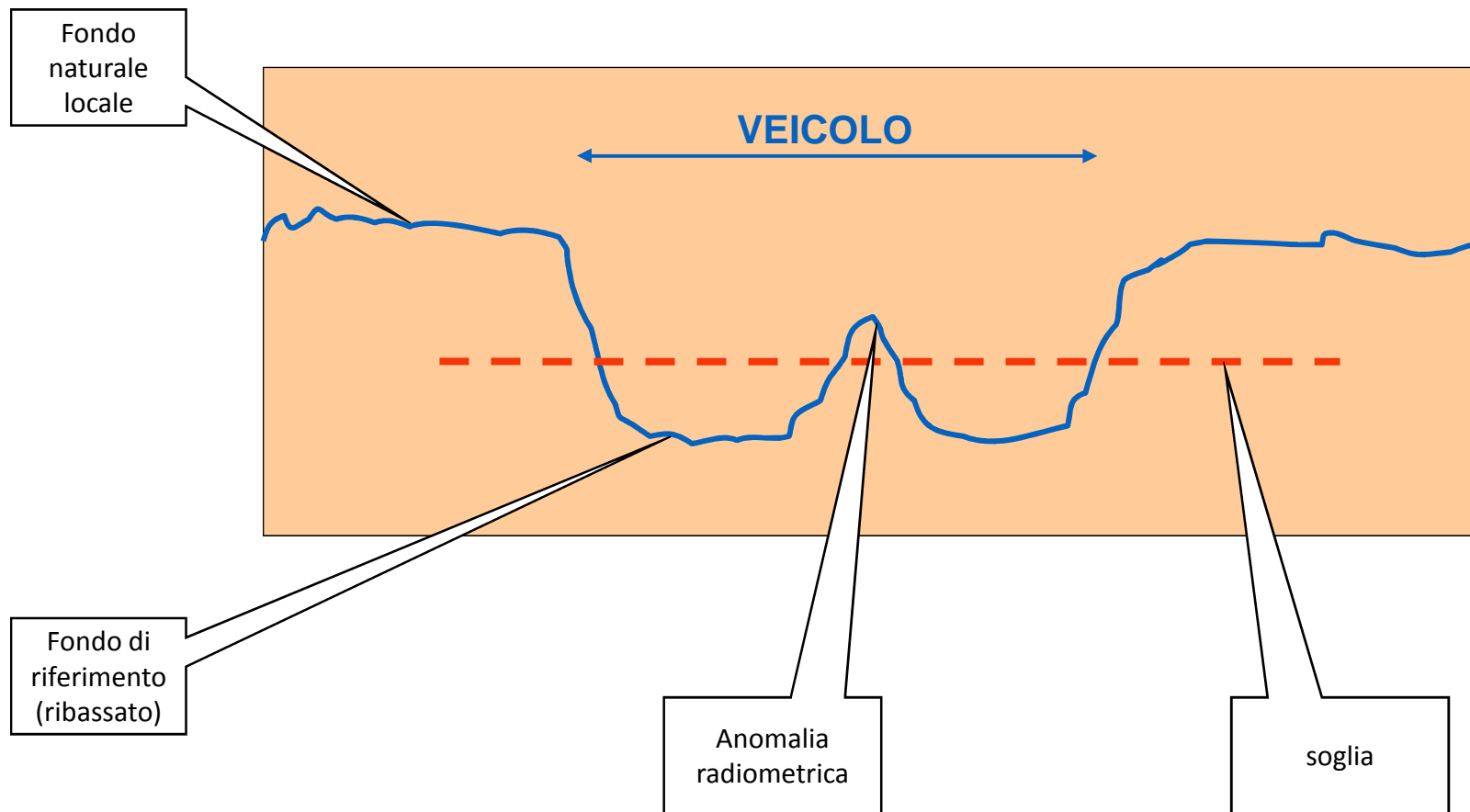
Richiesta della norma: almeno due pannelli di rivelazione





Misura dinamica

Durante la misura dinamica vengono rivelate anomalie rispetto al fondo ribassato

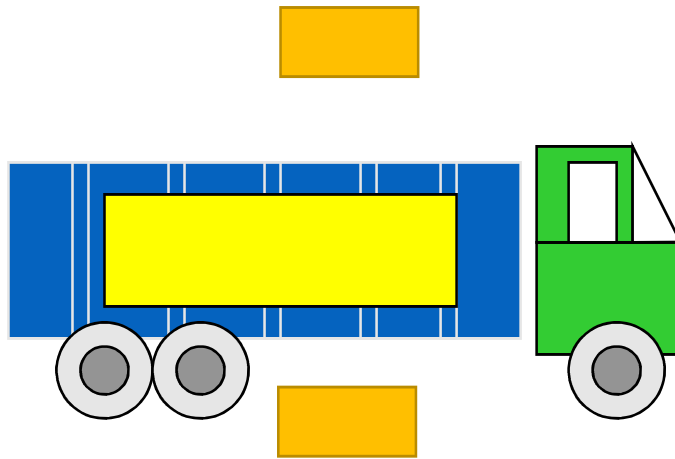




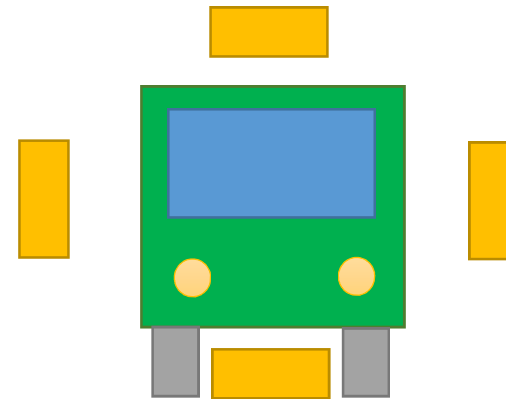
Misura Statica

Usata principalmente con scintillatori inorganici

Richiesta della norma: almeno quattro rivelatori



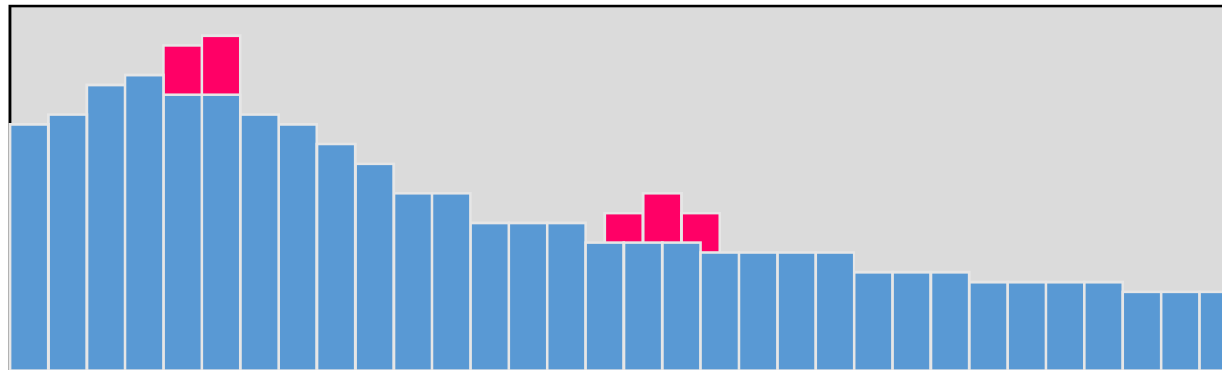
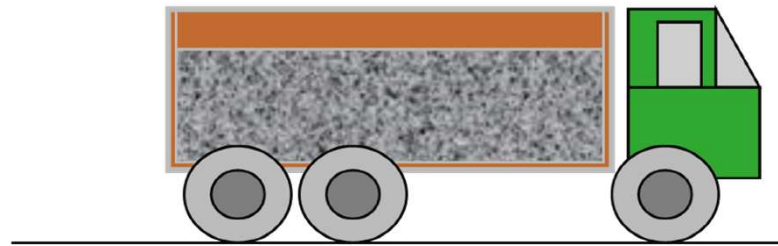
Vista laterale



Vista frontale



Misura Statica



Canali in energia

Misura basata su un anomalia dei rapporti tra canali energetici



6.2 Apparecchiature

Le radiazioni elettromagnetiche emesse dagli isotopi radioattivi eventualmente contenuti nei carichi di materiali metallici possono essere rilevate impiegando dei **rivelatori di radiazioni di adeguata sensibilità definita al punto 6.6.**

Trattandosi di sistemi complessi, vengono identificati i requisiti base dei componenti fondamentali: rivelatori ed unità elettronica di acquisizione ed elaborazione dei dati.

Il fornitore della strumentazione di nuova installazione deve fornire la caratterizzazione del prodotto secondo quanto riportato dalla norma CEI EN 62022.



Scelte principalmente adottate

La scelta migliore è senz'altro quella degli scintillatori plastici, gli scintillatori inorganici sono stati inseriti in norma per salvaguardare installazioni già esistenti.

Sensibilità richiesta dalla norma (punto 6.6):

Scintillatori organici: 80×10^3 conteggi/secondo per $\mu\text{Gy/h}$, intesa come sensibilità di ogni singolo pannello. (Un pannello da 25 litri fornisce circa $150 \text{ kcps}/\mu\text{Gy/h}$)

Scintillatori inorganici: 3×10^3 conteggi/secondo per $\mu\text{Gy/h}$, intesa come sensibilità di ogni singolo rivelatore. (cristalli di $\text{CsI}(\text{Na})$) in commercio forniscono $4000 - 5000 \text{ cps}/\mu\text{Gy/h}$)

La sensibilità è riferita alla riga di emissione del Cs-137 (662 keV) e per gli scintillatori inorganici si considera la porzione dello spettro compresa tra 560 e 760 keV.

*Le sensibilità devono essere dichiarate dal costruttore. **La norma non prevede adempimenti in tal senso da parte dell'utilizzatore. Tuttavia fidarsi è bene.....***



6.2.1 Rivelatori

I rivelatori devono essere **schermati contro la radiazione di fondo nei lati non di misura**. Inoltre, trattandosi di un impiego in ambiente industriale all'aperto, il rivelatore deve anche presentare robustezza meccanica, e resistenza alle intemperie ed ai fenomeni climatici.

I sistemi devono, almeno, permettere le letture su due superfici preferibilmente opposte.



6.2.2 Unità elettronica e programma di analisi

L'unità elettronica di acquisizione ed elaborazione dati deve provvedere alla acquisizione dei dati provenienti dai rivelatori ed al loro confronto con le soglie di allarme. Il programma d'analisi deve **provvedere alla registrazione dei valori del fondo ambientale**, alla impostazione della soglia di allarme, all'analisi dei valori rilevati sul carico ed alla registrazione di un rapporto di prova. Il portale deve, inoltre, riconoscere la presenza del veicolo in ingresso, misurarne e registrarne la velocità di transito.



6.3 Verifiche di buon funzionamento

La prova deve essere effettuata posizionando la sorgente in condizioni di geometria ripetibili, verificando che la lettura strumentale sia compresa entro intervalli di accettabilità stabiliti. L'intervallo di accettabilità ha per estremi il valore medio di letture ripetute, diminuito o aumentato di 3 volte il valore dello scarto tipo.

Vedere, a titolo di esempio, Appendice E2.

La sorgente di prova per il rivelatore di radiazioni è costituita da una **sorgente sigillata di normale approvvigionamento commerciale, preferibilmente di ^{137}Cs . La sorgente di prova può anche essere costituita da isotopi naturali presenti in matrice omogenea (ad esempio materiali refrattari).**

Per le verifiche di buon funzionamento dei sistemi fissi la sorgente di prova deve garantire il **superamento del valore del fondo naturale di, almeno, il 30%.**

Si deve assicurare che la verifica sia eseguita in maniera **riproducibile** pertanto si deve posizionare sempre la sorgente nello stesso modo e posizione di fronte a ciascun rivelatore.



6.3 Possibili sorgenti di prova

Nel caso in cui non esistano già sorgenti detenute in qualche forma autorizzativa, si possono considerare le seguenti soluzioni:

Sorgente	T1/2 anni	Limite autorizzativo Bq	Energia di emissione keV
Na-22	2,6	5×10^5	1270+511
Cs-137	30	1×10^4	662
Co-60	5,2	5×10^4	1250 media



6.3 Verifiche di buon funzionamento

Le verifiche di buon funzionamento devono essere registrate in un apposito modulo, anche elettronico, denominato “carte di controllo”, in cui deve essere riportato l'esito della lettura strumentale effettuata sulla sorgente di prova, raffrontandola con un intervallo di accettabilità precedentemente definito.

La verifica di buon funzionamento deve essere eseguita con frequenza prestabilita, ad esempio bimestrale.

La carta di controllo deve essere aggiornata con frequenza prestabilita, ad esempio annuale e, comunque, dopo ogni riparazione, modifica, implementazione o calibrazione dell'elettronica dello strumento, verificandone la congruità con le misure precedenti. Il periodo temporale di validità della carta di controllo decorre dall'ultimo aggiornamento effettuato.

Le modalità operative sono riportate, a titolo di esempio, in Appendice E2.



6.3 Verifiche di buon funzionamento

La costruzione e l'aggiornamento della carta di controllo, ovvero la definizione e le successive variazioni dell'intervallo di accettabilità delle letture strumentali acquisite durante le verifiche di buon funzionamento, sono eseguiti da un Esperto Qualificato di grado II o III ai sensi del D.Lgs 230/95 e ss.mm.ii.

La verifica di buon funzionamento dello strumento mediante l'uso della sorgente di prova deve essere eseguita da personale opportunamente formato e addestrato.

In aggiunta a quanto sopra indicato, con **frequenza prestabilita, ad esempio annuale**, deve essere effettuato, dal costruttore/fornitore dell'impianto o da una Ditta specializzata, un intervento di **manutenzione preventiva**.

Secondo le finalità di questa norma, il portale deve essere utilizzato solo come "filtro in ingresso e/o uscita" e nel suo funzionamento ci si deve limitare a considerare elaborazioni di valori di letture strumentali espresse in unità arbitrarie.

Di conseguenza l'uso di portali per misure dosimetriche, ai fini della presente norma, non è contemplato. **In questo contesto non è quindi richiesta la taratura del portale.**



6.3 Verifiche di buon funzionamento

Appendice E2.

Data	CARTA DI CONTROLLO PER VERIFICHE DI BUON FUNZIONAMENTO				n° progressivo	
	Strumento: Modello	Marca	n° matricola			
Sonda 1: dati intervallo di accettabilità						
Data (*)	sorg. NF	media - 3σ	media	media + 3σ	3σ	
		Unità di misura	Unità di misura	Unità di misura	Unità di misura	
		900	1100	1300	200	
Sonda 1: esito verifiche di buon funzionamento						
data	misura Fondo M_f unità di misura	misura con Sorgente unità di misura	Misura netta M_n unità di misura	Esito	note	Esecutore (nome cognome firma)
.....	500	1500	1000	OK	
.....
.....



6.4 Procedimento

6.4 Procedimento

Il carico di materiale da controllare si trova su un veicolo (autocarro, carro ferroviario o simili) che passa attraverso il portale. Poiché il fondo ambientale viene influenzato dalla presenza di veicoli in prossimità dei rivelatori, **si deve evitare che ve ne siano in sosta vicino ai rivelatori**, per esempio all'esterno della zona di passaggio a fianco del portale. **Inoltre, quando un veicolo si trova in misura, il successivo deve essere fermo ad una distanza non minore di 5 m.**

Il sistema deve permettere di conservare le registrazioni di tutte le rilevazioni effettuate su supporto cartaceo o informatico.

I sistemi a portale devono funzionare in maniera automatica; riconoscere l'avvicinarsi del veicolo, regolare un'opportuna soglia d'allarme basata sul fondo di riferimento, controllare il veicolo e, in caso d'allarme, fornire opportuna segnalazione con rapporto stampato ed eventuale attivazione di altri interblocchi.

Per i vagoni ferroviari agganciati in modo da formare un treno, l'intero treno costituisce il veicolo.....



6.4 Procedimento

6.4 Procedimento

...È necessario evitare che il veicolo passi troppo velocemente fra i rivelatori del portale. La velocità utile per la rilevazione deve essere **non maggiore di 8 km/h**. **In caso di rilevazione di una anomalia**, prima di attivare la procedura d'allarme, **si devono effettuare rilevazioni di conferma mediante ripetizione della rilevazione a velocità ridotta**, per assicurarsi che non sia un falso allarme, oppure deve essere condotta una **verifica con strumentazione manuale**, attraverso il protocollo pertinente e concentrando le verifiche nella zona di carico che, in base alle indicazioni fornite dal sistema, è sede dell'anomalia radiometrica.

Il sistema deve aggiornare con continuità il valore del fondo ambientale, valutandone **un valore medio per intervalli di tempo non maggiori di 15 min.....**



6.4 Procedimento

6.4 Procedimento

Il fondo ambientale deve essere rilevato, in assenza di ogni veicolo tra le pareti del portale e nelle aree adiacenti sino ad, almeno, 5 m di distanza, per lo stesso periodo di tempo impiegato per effettuare le rilevazioni su un veicolo.

Il fondo di riferimento, definito come fondo ambientale ridotto dalla presenza del carico, deve essere valutato o in maniera automatica al passaggio di ogni veicolo oppure in modo sperimentale sulla base di almeno **10 letture effettuate su carichi tipici propri dell'impianto, ripetendo la valutazione almeno con frequenza annuale.**

I valori del fondo ambientale e del fondo di riferimento e le prove effettuate per la sua determinazione devono essere registrati, progressivamente, su supporto magnetico o cartaceo.

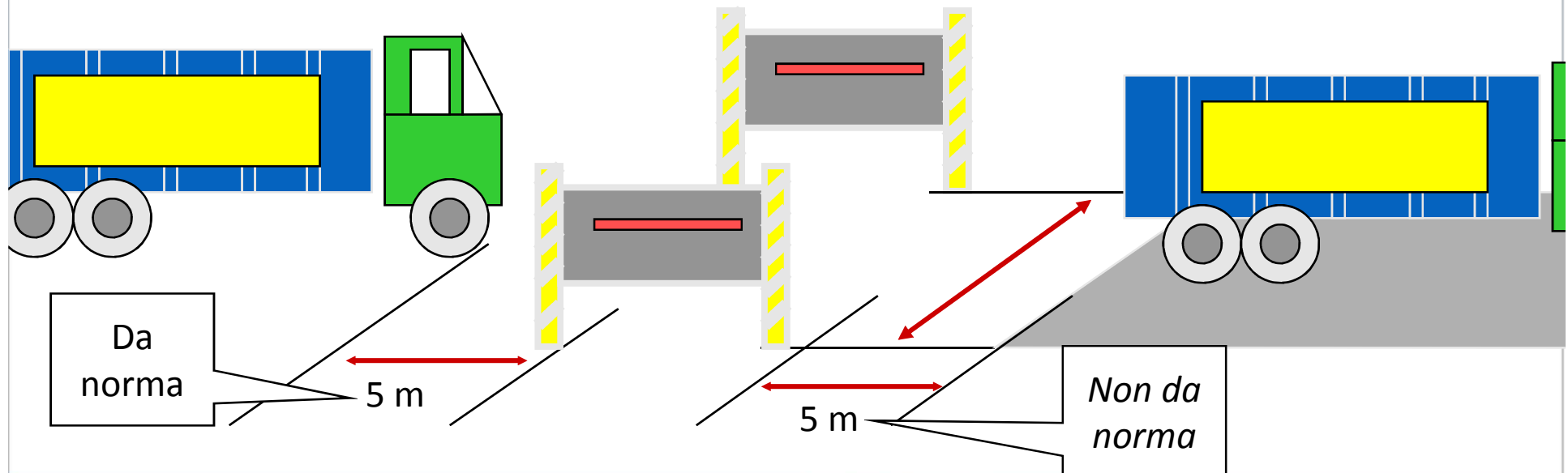


6.4 Procedimento

Rispetto delle distanze di 5 metri

$V_{max} = 8 \text{ km/h}$

Evitare stazionamenti di camion ai lati del portale





6.5 Falsi allarmi e falsi positivi

Esistono diverse possibili cause di falsi allarmi e falsi positivi (vedere ad esempio Appendice D).

Falsi allarmi: fluttuazioni statistiche del fondo. Al punto 6.6 viene indicato che il sistema deve garantire una frequenza di falsi positivi **non inferiore allo 0,1%** (nella precedente versione questo era indicato come «numero di sigma»)

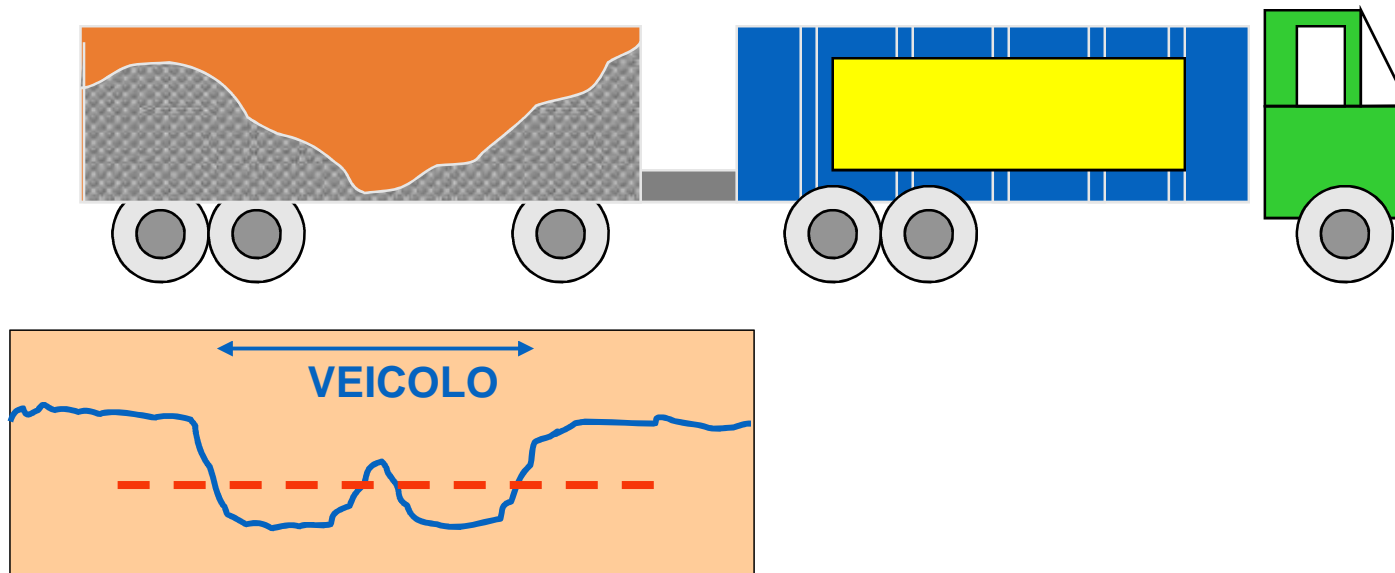
Lo 0,1% di falsi positivi corrisponde ad una deviazione dalla media di 3,1 sigma



Cause di falso allarme

Per falso allarme si intende un segnale di anomalia radiometrica **non** imputabile ad una fluttuazione statistica del fondo.

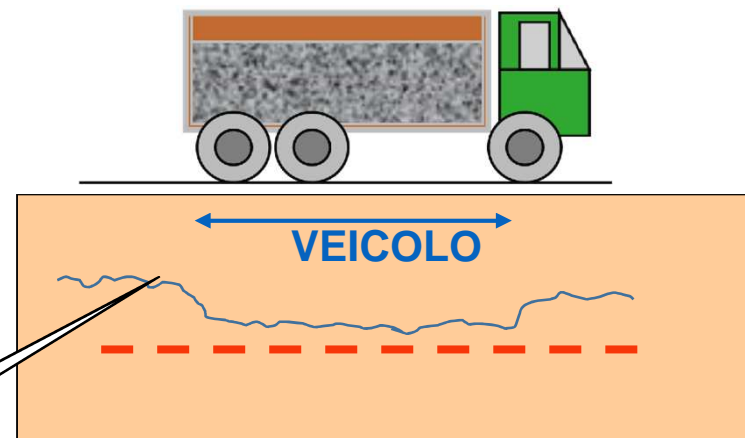
Esempio carico non omogeneo





Cause di falso allarme

Esempio carico omogeneo ma uniformemente contaminato (es materiale refrattario)

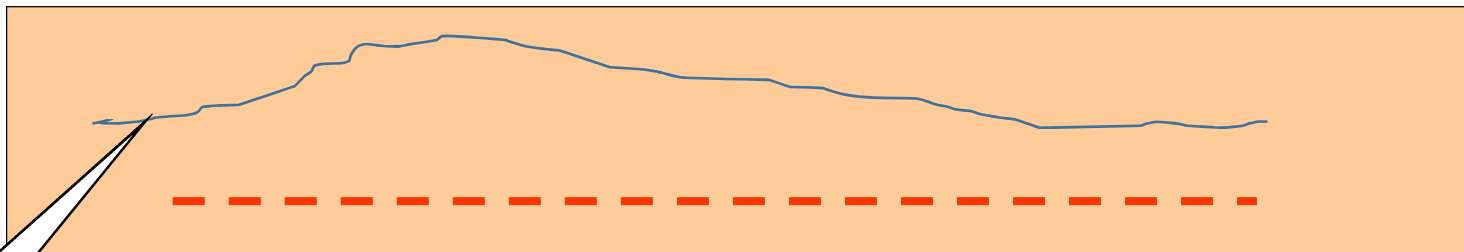


Fondo
naturale
locale



Cause di falso allarme

Forti precipitazioni



Fondo
naturale
locale



Cause di falso allarme

Prolungata presenza di veicoli troppo vicini al portale che fanno acquisire al portale un fondo ambientale sottostimato.

Quando il veicolo si allontana il portale compara il fondo di riferimento (ribassato) con un valore di fondo ambientale troppo basso e genera un allarme



Grazie per l'attenzione